

پهنه‌بندی ماهانه میزان آلودگی هوا و بررسی نحوه ارتباط آن با عوامل اقلیمی (مطالعه موردی: شهر مشهد)

الهه اکبری^{۱*}، معصومه فاخری^۲، عفت پورغلامحسن^۳، زهرا اکبری^۴

۱. عضو هیئت علمی گروه ژئومورفولوژی و اقلیم‌شناسی، کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، گروه

جغرافیا، دانشگاه حکیم سبزواری، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، توحیدشهر، سبزواری

۲ و ۳. کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه حکیم سبزواری

۴. آموزگار منطقه ۴ تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۵ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۰/۲۷)

چکیده

گسترش شهرنشینی و رشد جمعیت و نیز زائرپذیر بودن برخی شهرها، زمینه استفاده بیش از حد از وسایل نقلیه و به تبع افزایش آلودگی را فراهم می‌آورد. بنابراین، با توجه به اهمیت تأثیر آلودگی هوا بر سلامت انسان، در این پژوهش میزان آلودگی هوا از نظر PM_{10} با استفاده از شاخص استاندارد آلودگی هوا (PSI) و روش وزن‌دهی معکوس فاصله (IDW) در شهر مشهد پهنه‌بندی شده است. از طرفی پارامترهای اقلیمی نظیر سرعت باد، جهت باد و میزان بارش نیز تحلیل شده است. با مقایسه و همپوشانی آنها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و نیز بررسی میزان ارتباط بین عوامل اقلیمی و شاخص PSI از طریق همبستگی پیرسون، تأثیر عوامل اقلیمی بر کاهش آلودگی هوا تا حدی مشهود است به طوری که در ماه فروردین به دلیل وجود بارش‌های بهاره از میزان آلودگی هوا کاسته شده و در ماه‌های دی و بهمن به دلیل وارونگی هوا و برخورداری از بارش کمتر، میزان آلودگی هوا نسبت به ماه‌های گرم سال افزایش یافته است. علاوه بر این، عامل جهت باد بیشترین تأثیر را در کاهش آلودگی هوا داشته و در ماه‌های فروردین و آذر، بیشترین ارتباط بین آنها (به ترتیب $r = -0.902$ و $r = -0.817$ ، $p = 0.042$) به چشم می‌خورد. در بیشتر ماه‌ها، بیشترین آلودگی هوا در اطراف ایستگاه‌های صدف، لشگر و نخریسی در مرکز شهر با داشتن ترافیک بیشتر و نیز میزان بارش و سرعت باد کمتر و جهت باد موافق مشهود است.

کلیدواژه‌ها: آنالیز همبستگی، پهنه‌بندی آلودگی هوا، عوامل اقلیمی، GIS و PSI.

۱. مقدمه

زمین بیشتر می‌شود، است. Mohammadi در سال ۲۰۰۲، تأثیر عناصر اقلیمی و آلاینده‌های جوی تهران بر بیماری آسم را بررسی کرد و به این نتیجه رسید که طی ۵ سال بررسی شده، رابطه بین این بیماری و افزایش آلاینده‌ها به‌طور چشم‌گیری معنادار بوده است. افزایش آلاینده‌ها در بلندمدت می‌تواند تأثیرات گسترده‌تری مثل افزایش دما را به‌ویژه در مناطق شهری به وجود آورد. Ghavidel Rahimi و Khorshiddost (۲۰۰۶) به شبیه‌سازی آثار دو برابر شدن دی‌اکسید کربن جو بر تغییر اقلیم تبریز پرداخته‌اند. با توجه به نتایج این مطالعه، افزایش میزان دی‌اکسید کربن جو تا حد دو برابر موجب تغییر اقلیم تبریز خواهد شد. نتایج حاصل از این شبیه‌سازی، بیانگر افزایش مقادیر دما و بارش تبریز در بیشتر مقاطع زمانی است. Arbabi Sabzevari و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر عنصر اقلیمی بارش را بر میزان آلودگی کلان‌شهر تهران بررسی کرده‌اند. نتیجه این پژوهش نشان می‌دهد که در فصل سرد سال هسته‌های متراکم ناشی از گردوغبار و آلاینده‌های گوناگون شرایط ایجاد مه و بارندگی را فراهم می‌کند. Ataie و Hashemi Nasab (۲۰۱۱) اشاره کردند که در دوره‌های گرم و سرد سال کانونی از پرفشارهای گسترده بر روی قلمرو وسیعی از ایران و به‌خصوص اصفهان مشاهده شده است که حضور این کانون پرفشار سبب پایداری و تراکم ذرات بر روی شهر اصفهان شده است. Skani kazazi و Lalesiah Pirani (2010)، تأثیر استقرار پرفشار منطقه‌ای را بر روی غلظت آلاینده‌های شهر تهران بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که با استقرار پرفشار منطقه‌ای از نوع سامانه‌های عرض‌های میانی، غلظت آلاینده‌ها افزایش می‌یابد و در بعضی موارد تا سه برابر بیشتر از حد مجاز خواهد شد.

علاوه بر این، Park و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی ارتباط آلاینده‌های هوا نظیر SO_2 ، O_3 ، CO و NO_2 با عوامل اقلیمی بارش، رطوبت نسبی و دما در شبه‌جزیره کره با استفاده از GIS پرداختند. آنها دریافتند که بین پارامترهای دما و SO_2 و CO ، و بین سرعت باد و CO و همچنین بین

آلودگی هوا یکی از تبعات رشد شهرنشینی، افزایش جمعیت، استفاده بیش از حد از منابع سوخت‌های فسیلی، به‌کار نرفتن تکنولوژی‌های سازگار با محیط زیست و از همه مهم‌تر نبود مدیریت صحیح محیط زیست است. این آلودگی در کشورهای در حال توسعه و به‌ویژه در کلان‌شهرها نمود بیشتری دارد و کشور ما ایران نیز از این نظر دچار مشکلات فراوانی است (Bebran & Ghamkhar, 2007). براساس تعریف انجمن مشترک مهندسان آلودگی هوا و کنترل آن، به وجود یک یا چند آلوده‌کننده در هوا مانند گردوغبار، گازها، بو، دود و بخار که در هوای آزاد برای زندگی انسان، گیاه یا زندگی حیوانات مضر باشند و یا به‌طور غیرقابل قبولی، محل استفاده راحت از زندگی و اموال شوند، آلودگی هوا گفته می‌شود (Ghiyathoddin, 2006). پژوهش‌ها نشان می‌دهد هر فرد روزانه تقریباً به یک کیلوگرم مواد غذایی و ۲ لیتر آب نیاز دارد، در صورتی که در هر شبانه روز نیازمند بیش از ۱۵ کیلوگرم هواست. از این‌رو به‌خوبی می‌توان دریافت که با حداقل ۱۵ کیلوگرم یا به‌عبارتی ۲۴ مترمکعب هوا چه مقدار مواد خارجی، ذرات گردوغبار و موجودات ذره‌بینی ممکن است از راه ریه‌ها به بدن وارد شود (Pour Ahmad, 1998). همچنین آلودگی هوا سبب افزایش بیماری‌های قلبی، تنفسی، کاهش میزان دید، سوزش چشم و خسارت به گیاهان، حیوانات و اشیا و در سطح جهانی منجر به گرمایش جهانی، افت ازن استراتوسفری، باران اسیدی و غیره شده است (Zare & Ghorbani, 2011). پژوهش‌های زیادی در زمینه آلودگی و تأثیرات آن روی انسان‌ها و محیط انجام شده است. به‌گونه‌ای که در این راستا Mohammadi در سال ۲۰۰۶ اشاره کرد که بین عناصر اقلیمی و مرگومیر ناشی از بیماری قلبی در تهران، همبستگی معنادار و قوی وجود دارد. بیشترین فوت‌شدگان در ماه‌های سرد سال که غلظت مواد آلاینده در سطح

این کلان‌شهر مذهبی جهان افزایش داده است. در مشهد نیز به تبعیت از کل کشور مهم‌ترین بخش آلوده‌کننده هوا بخش حمل‌ونقل و سپس صنعت است (Zare & Ghorbani, 2011). این پژوهش، با هدف پهنه‌بندی ماهانه آلودگی هوا با استفاده از شاخص PSI و روش وزن‌دهی معکوس فاصله (IDW)، و بررسی ارتباط آن با عناصر اقلیمی باد و بارش در شهر مشهد به‌منظور ارائه راهکارهایی برای کاهش آلودگی هوا اجرا شده است.

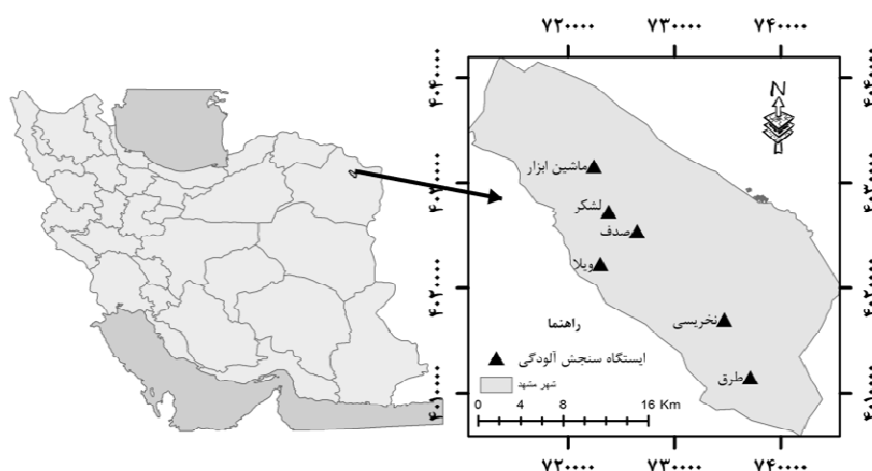
۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. منطقه مطالعه شده

شهر مشهد به‌عنوان یکی از هفت شهر آلوده کشور و دومین کلان‌شهر کشور از نظر جغرافیایی بین $35^{\circ} 59'$ تا $36^{\circ} 48'$ عرض شمالی در شمال استان خراسان رضوی واقع شده است (Jahanshiri, 2010). متوسط بارندگی سالانه این شهر ۲۳۹ میلی‌متر است که نسبت به میانگین بارش کشوری که ۲۵۰ میلی‌متر بوده، کمتر است. همچنین متوسط دمای سالانه شهر مشهد (طی سال‌های ۱۳۶۸-۱۳۸۸)، $15.3^{\circ}C$ است که نسبت به میانگین دمای کشور که $18^{\circ}C$ بوده، کمتر است. جمعیت این شهر بالغ بر ۲/۶ میلیون نفر است (Akbari, 2012) (شکل ۱).

رطوبت نسبی و O_3 ، ارتباط معنادار معکوسی وجود دارد. Doherty و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی تأثیرات تغییر اقلیمی نظیر دما، بارش و رطوبت نسبی بر آلودگی هوا از نظر O_3 در جهان پرداختند و دریافتند که در بین سه مدل بررسی‌شده، بین تغییرات دما و تغییرات آلودگی هوا ارتباط مثبت وجود دارد. Fang و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی ارتباط تغییر اقلیم و آلودگی هوا در جهان و نیز تأثیرات آن بر مرگ‌ومیر زودرس در قرن ۲۱ پرداختند و گفتند که کاهش کربن و متان می‌تواند منجر به کاهش سرعت تغییر اقلیمی و کاهش غلظت آلودگی هوا از نظر $PM_{2.5}$ و O_3 و در نتیجه سلامتی بیشتر انسان‌ها شود. Peel و همکاران (2012) با بررسی اکسیدهای نیتروژن، $PM_{2.5}$ و به‌منزله آلاینده‌های هوا و تغییر اقلیمی مؤثر بر آنها و نیز در تعامل با سلامتی انسان دریافتند که تغییر در دما و الگوی بارش، طول مدت برخورداری از O_3 و شدت آن را تقویت می‌کند. آنها همچنین دریافتند که آتش‌سوزی اراضی به‌واسطه افزایش دما و خشکسالی منجر به افزایش اکسیدهای نیتروژن و $PM_{2.5}$ شده و بر سلامتی انسان‌ها اثرگذار بوده است.

مشهد پس از تهران مهم‌ترین کلان‌شهر ایران است که سالانه پذیرای میلیون‌ها مسافر از سراسر ایران و سایر کشورهاست. این امر آلودگی هوا را در



شکل ۱. نقشه موقعیت شهر مشهد در ایران و ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا

۲.۲. روش بررسی

در این پژوهش از آمار ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا در شهر مشهد در ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۰ و آمار بارش، جهت و سرعت باد در دوره ده‌ساله استفاده شده است. آمار آلودگی هوا متعلق به ۶ ایستگاه سنجش آلودگی هوای سازمان حفاظت محیط زیست شهر مشهد در سال ۱۳۹۰ است. برای پهنه‌بندی عناصر اقلیمی نیز، از ایستگاه‌های سینوپتیک مشهد، تربت حیدریه، فریمان و نیشابور در شهر مشهد و اطراف آن و از روش IDW استفاده شده است. همچنین روش‌های IDW و شاخص استاندارد آلودگی هوا (PSI) برای پهنه‌بندی آلودگی هوا براساس PM_{10} به کار رفته‌اند. با استفاده از همبستگی پیرسون نیز ارتباط بین عوامل اقلیمی و شاخص PSI برآورد شده است. شاخص PSI براساس بیشترین مقدار محاسبه‌شده از منابع آلاینده هوا به دست می‌آید، همچنان که در این منطقه PM_{10} نسبت به منابع دیگر در آلودگی شهر، بیشتر تأثیرگذار بوده، بنابراین در محاسبه این شاخص، این آلاینده میزان PSI بیشتری را برآورد کرده است. محاسبه شاخص PSI براساس جدول ۱ قابل انجام است. در این جدول مقادیر PSI در برابر

غلظت‌های مواد آلاینده مختلف آورده شده است. زیرشاخص‌های PSI برای آلاینده‌های مختلف از طریق درون‌یابی بین نقاط مشخص براساس فرمول ۱ محاسبه می‌شوند و در این حالت بالاترین زیرشاخص محاسبه‌شده، تعیین‌کننده PSI کل هواست (Erfan Manesh & Efyoni, 2000).

$$PSI = \frac{(I_{high} - I_{low}) * (C - C_{low})}{C_{high} - C_{low}} + I_{low} \quad (1)$$

که در آن PSI: شاخص استاندارد آلودگی هوا، C: مقدار آلاینده مشاهده‌شده، C_{low} : مقدار آلاینده کمتر از مقدار آلاینده مشاهده‌شده در جدول ۱، C_{high} : مقدار آلاینده بیشتر از مقدار آلاینده مشاهده‌شده در جدول ۱، I_{low} : مقدار شاخص برای مقدار آلاینده کمتر از مقدار آلاینده مشاهده‌شده در جدول ۱، I_{high} : مقدار شاخص برای مقدار آلاینده بیشتر از مقدار آلاینده مشاهده‌شده در جدول ۱.

این شاخص غلظت ترکیبات آلاینده هوا را به اعداد ساده‌ای بین ۰ تا ۵۰۰ تبدیل می‌کند و در نهایت کیفیت هوا را با واژه‌های خوب، متوسط و ناسالم، بسیار ناسالم و سمی و خطرناک بیان می‌کند (جدول ۲) (Erfan Manesh & Efyoni, 2000).

جدول ۱. شاخص PSI در برابر آلاینده‌های هوا (EPA, 1998)

شاخص PSI	$PM_{2.5}$ (۲۴ساعته) ug/m^3	PM_{10} (۲۴ساعته) ug/m^3	SO_2 (۲۴ساعته) ppm	Co (۸ساعته) ppm	O_3 (۱ساعته) ppm	NO_2 (۱ساعته) ppm
۰ - ۵۰	۱۵/۴	۵۴	۰/۰۳	۴/۵	۰/۰۶	-
۵۰ - ۱۰۰	۶۵/۴	۱۵۴	۰/۱۴	۹/۴	۰/۱۲	-
۱۰۰ - ۲۰۰	۱۵۰/۴	۳۵۴	۰/۳	۱۵/۴	۰/۲	۰/۶
۲۰۰ - ۳۰۰	۲۵۰/۴	۴۲۴	۰/۶	۳۰/۴	۰/۴	۱/۲
۳۰۰ - ۴۰۰	۳۵۰/۴	۵۰۴	۰/۸	۴۰/۴	۰/۵	۱/۶
۴۰۰ - ۵۰۰	۵۰۰/۴	۶۰۴	۱	۵۰/۴	۰/۶	۲

جدول ۲. مقادیر PSI و تشریح کیفیت هوا (EPA, 1998)

PSI	اثر در سلامتی (کیفیت هوا)
۰-۵۰	خوب
۵۱-۱۰۰	متوسط
۱۰۱-۲۰۰	ناسالم
۲۰۱-۳۰۰	بسیار ناسالم
>۳۰۰	سمی و خطرناک

۳. نتایج

در این پژوهش از دو روش IDW و PSI بهره گرفته شد و مناطق با آلودگی بیشتر و کمتر در ماه‌های مختلف و نیز عناصر اقلیمی موجود در شهر مشهد مدل‌سازی شده‌اند. شکل‌های ۲-۱۳، نقشه‌های آلودگی شهر مشهد در سال ۱۳۹۰ را نشان می‌دهند.

در ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر و اسفند، بیشترین میزان آلودگی مربوط به بخش‌های جنوب شرقی و شرق شهر مشهد است. این در حالی است که میزان بارش بیشتری در این ماه‌ها در قسمت‌های شمال غربی رؤیت شده است. بنابراین، می‌توان گفت عامل اقلیمی بارش موجب کاهش آلاینده‌ها در قسمت‌های شمال غربی شده است. همچنین بررسی سرعت باد در این ماه‌ها گویای این مطلب است که در ماه‌های اردیبهشت و خرداد، باد غالب از سمت جنوب شرقی به ترتیب با سرعت ۵/۷ تا ۸/۷ و ۳/۶ تا ۵/۷ متر بر ثانیه (به ترتیب، تقریباً ۳۵ و ۲۶ درصد از کل وزش باد) و باد نایب غالب از شمال شرقی در حال وزیدن است که این امر منجر به پراکندگی و انتقال بیشتر آلاینده‌ها در بخش‌های شرقی و مرکزی شهر مشهد شده است. این در حالی است که به دلیل وزش باد با سرعت بیشتر در ماه اردیبهشت نسبت به ماه خرداد، از وسعت نواحی آلوده‌تر در مناطق جنوب شرقی کاسته شده است. علاوه بر این، از باد غالب در ماه تیر، به استثنای ۱۷ درصد که با سرعت ۲/۱-۳/۶ متر بر ثانیه در وزش است، باقی باد با سرعت ۳/۶-۵/۷ متر بر ثانیه از سمت شمال شرقی در حال وزش است. در ماه اسفند نیز باد غالب از سمت شمال غرب به ترتیب با سرعت ۳/۶-۵/۷ و ۲/۱-۳/۶ متر بر ثانیه (به ترتیب به میزان ۲۵ و ۲۳ درصد) و باد نایب غالب به میزان ۲۳ درصد از جنوب شرقی در حال وزیدن است. بررسی جهت باد در این ماه‌ها بیانگر انتقال آلاینده‌ها به بخش‌های شرقی و مرکزی شهر مشهد است. البته در ماه‌های خرداد و تیر تا حدی آلودگی هوا به

روش IDW، یکی از روش‌های درون‌یابی است که در آن تخمین براساس مقادیر نقاط نزدیک به نقطه برآورد است. این روش بنا بر عکس فاصله وزن‌دهی انجام می‌شود. مشخصه جالب این روش این است که وزن به کاررفته با افزایش فاصله به سرعت کاهش می‌یابد. رابطه کلی درون‌یابی دوبعدی به روش IDW به صورت فرمول ۲ است (Webster & Oliver, 2000).

$$W(x, y) = \sum_{i=1}^N \lambda_i w_i \quad (2)$$

$$\lambda_i = \frac{\left(\frac{1}{d_i}\right)^p}{\sum_{k=1}^N \left(\frac{1}{d_k}\right)^p} \quad (3)$$

که در آن $W(x, y)$ مقادیر برآورده شده در موقعیت (x, y) ، N تعداد نقاط معلوم مجاور (x, y) ، λ_i وزن اختصاص داده شده به هر یک از مقادیر معلوم w_i در موقعیت (x_i, y_i) ، فاصله اقلیدسی بین هر یک از نقاط واقع در موقعیت‌های (x, y) و (x_i, y_i) و p مقدار توان است که متأثر از وزن w_i بر W است (Akhavan et al., 2011).

متداول‌ترین نمایه برای بیان همبستگی بین متغیرهای دارای اندازه‌های مقیاس فاصله‌ای و نسبی، استفاده از ضریب همبستگی پیرسون است (Hafeznia, 2010)، البته به شرط اینکه در آمار پارامتریک، داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار باشند، در این پژوهش از این روش (فرمول ۴) با در نظر گرفتن شرایط مورد نظر استفاده شده است.

$$r_{x,y} = \frac{\sum xy}{NS_x S_y} \quad (4)$$

در رابطه مذکور، r_{xy} ، همبستگی بین متغیرهای x و y ؛ N ، تعداد آزمودنی‌ها؛ S_x ، انحراف استاندارد نمره‌های x ؛ $\sum xy$ ، مجموع حاصل ضرب تفاضل نمره‌ها از میانگین و S_y ، انحراف استاندارد نمره‌های y است (Vahidiasl, 2006; Shahkar & Bozorgnia, 2007).

که باد غالب، جنوب شرقی است و می‌تواند منجر به رانده شدن آلاینده‌ها از جنوب شرقی و تراکم آن در بخش‌های مرکزی و شمالی شهر شود.

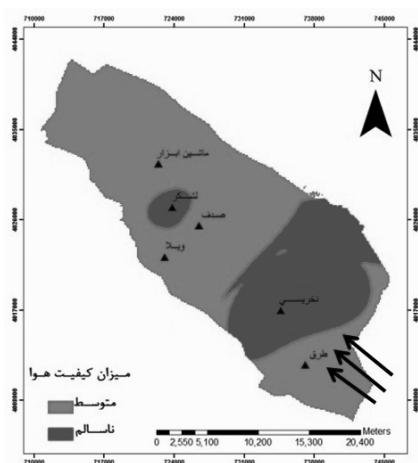
در ماه آبان بیشترین میزان آلودگی در بخش مرکزی شهر به چشم می‌خورد، گویا آلودگی با باد جابه‌جا شده و به بخش‌های مرکزی منتقل شده است. در این ماه، با وجود باد غالب با بیشترین سرعت ۲/۱-۳/۶ متر بر ثانیه از سمت شمال غرب و جنوب شرق، تراکم آلودگی‌ها در مرکز شهر به چشم می‌خورد. در ماه آذر مجدداً بر میزان آلودگی هوا افزوده شده و به‌جز بخش‌های اطراف ایستگاه ماشین‌ابزار و طرق، آلودگی در کیفیت ناسالم برای بدن انسان موجود است. به‌رغم سرعت بیشتر باد در نواحی جنوبی، تمرکز آلاینده‌ها در ایستگاه نخریسی به چشم می‌خورد که این می‌تواند عاملی غیراقلیمی نظیر تردد وسایل نقلیه بی‌شمار داشته باشد. به‌رغم واقع شدن ایستگاه ماشین‌ابزار در منطقه صنعتی، عامل اقلیمی باد و جهت آن، از میزان آلودگی آن کاسته و بر آلودگی مناطق مرکزی شهر افزوده است. با توجه به گلباد ماه آذر (شکل ۱۶)، این ماه نیز وضعیتی مشابه ماه آبان را دارد، با این تفاوت که سرعت باد کمتر شده و اغلب در طبقه اول و دوم با سرعت ۰/۵-۳/۶ متر بر ثانیه است. شاید همین عامل، دلیل آلودگی بیشتر شهر در این ماه نسبت به ماه آبان باشد.

در ماه دی نیز بیشترین میزان آلودگی در تمامی ایستگاه‌ها به‌جز بخش کوچکی از اطراف ایستگاه نخریسی مشهود است که کیفیت آن نیز از نظر اثر بر سلامتی انسان در طبقه متوسط قرار دارد. بررسی بارش این ماه نشان می‌دهد که شمال غرب مشهد بارش بیشتری دریافت کرده است. با وجود دریافت بارش زیاد در این ماه، ایستگاه ماشین‌ابزار با آلودگی زیادی روبه‌روست، بنابراین می‌توان گفت شاید قرارگیری ایستگاه ماشین‌ابزار در بخش صنعتی شهر، تأثیر بارش را خنثی کرده است. بررسی گلباد ماه دی نشان می‌دهد که باد از تمام جهات در حال وزش بوده است، بنابراین تأثیر زیادی در پراکنش آلاینده‌ها نمی‌تواند داشته باشد.

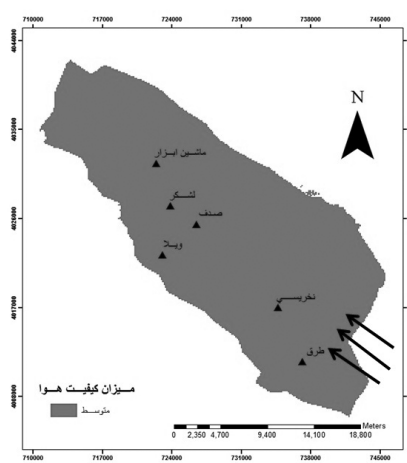
سمت غرب نیز پیش‌رفته است، به‌طوری‌که مساحت نواحی آلوده در اطراف ایستگاه ویلا در ماه خرداد افزایش یافته است. این در حالی است که تنها در ماه‌های تیر و اسفند، بخشی از منطقه در کیفیت هوای خوب به سر می‌برد و آلودگی در آن به چشم نمی‌خورد. در ماه مرداد، میزان آلودگی هوا در بیشتر مناطق شهر افزایش می‌یابد به‌طوری‌که در این ماه، کیفیت هوای بسیار ناسالم در اطراف ایستگاه صدف و لشگر نیز به چشم می‌خورد، شاید دلیل این امر کاهش میزان بارش باشد. بررسی گلباد ماه مرداد نیز نشان می‌دهد که باد غالب با سرعت ۵/۷-۸/۷ متر بر ثانیه از شمال شرقی، موجب رانده شدن آلاینده‌ها به بخش‌های مرکزی شهر و ایستگاه‌های صدف و لشگر می‌شود. شایان ذکر است که توریستی‌بودن شهر مشهد به‌خصوص در تابستان نیز می‌تواند مزید بر علت باشد به‌ویژه که این دو ایستگاه در مرکز شهر و با ترافیک زیاد هستند. البته عامل انتقال آلودگی هوا توسط باد از سوی شهرک صنعتی ماشین‌ابزار و دیگر نقاط آلوده شهر به این ایستگاه‌ها را نباید نادیده گرفت. بررسی وضعیت آلودگی شهریورماه نیز مبین این حقیقت است که کم‌کم در جنوب شرقی شهر از میزان آلودگی هوا کاسته می‌شود و ایستگاه ماشین‌ابزار بیشترین دریافت‌کننده آلودگی است. نکته شایان توجه اینکه این ایستگاه در ناحیه‌ای قرار گرفته است که دریافت‌کننده میزان بارش بیشتری نسبت به باقی شهر نیز بوده است. علاوه بر این، به بررسی وضعیت جهت و سرعت باد نیز پرداخته و مشخص شد که این دو عامل با جهت و روند شمال شرقی- جنوب غربی می‌تواند در تمرکز آلاینده‌ها در ایستگاه‌های مرکز شهر مشهد در ماه شهریور تأثیر داشته باشد. شاید این دلیل آلوده‌بودن ایستگاه‌های صدف، نخریسی و لشگر باشد. وضعیت ماه مهر نیز تقریباً مشابه ماه شهریور است با این تفاوت که از آلودگی ایستگاه‌های لشگر و نخریسی کاسته شده ولی بر میزان آلودگی ایستگاه ویلا افزوده شده است. با بررسی گلباد ماه مهر (شکل ۱۶) مشخص می‌شود

کم کم کاسته می‌شود به‌جز ایستگاه‌های نخریسی و ویلا که همچنان شرایط ماه قبل را دارند. البته از میزان آلودگی ایستگاه نخریسی کاسته شده اما هنوز در شرایط مساعد از نظر آلودگی قرار نگرفته است. این کاهش آلودگی هوا همچنان تداوم دارد تا اینکه در ماه فروردین با کیفیت هوای متوسط از نظر اثر بر سلامتی انسان مواجه می‌شویم. شاید دلیل این امر وقوع بارش‌های بهاره در تمام ایستگاه‌ها باشد. وجود پایانه مسافربری در نزدیکی ایستگاه نخریسی و نیز واقع شدن آن در منطقه پرتدد بر میزان آلودگی آن در بیشتر ماه‌ها افزوده است. واقع شدن بوستان جنگلی طرق و باغ گیاه‌شناسی در اطراف ایستگاه طرق منجر به کاهش آلودگی هوا در آن در برخی از ماه‌ها شده است. شایان ذکر است که واقع شدن شهرک صنعتی طوس در ده کیلومتری شهر مشهد و در غرب آن، در برخی ماه‌ها به‌ویژه در ماه‌های دی و بهمن، در انتشار آلودگی از طریق باد غربی به داخل شهر مؤثر است. علاوه بر این، وجود کارخانه کمپوست مشهد در ورودی مشهد از سوی نیشابور، در آلودگی هوا در قسمت‌های جنوب شرقی شهر تأثیرگذار است. شکل‌های ۱۴ تا ۱۷، گلبادهای شهر مشهد را در ماه‌های مختلف نشان می‌دهند.

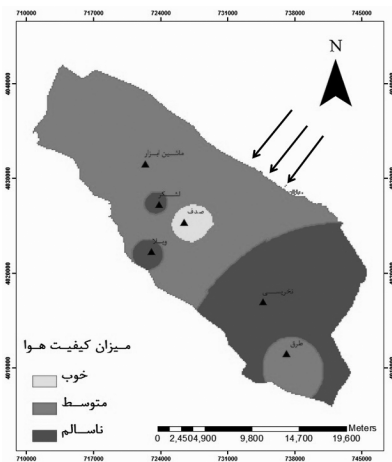
نکته قابل ذکر این است که با نزدیک شدن به فصول سرد سال از سرعت باد کاسته شده است و همان‌گونه که در گلباد دی‌ماه (شکل ۱۷) نیز مشاهده می‌شود غالب بادها سرعت ۰/۵ تا ۳/۶ متر بر ثانیه دارند. این در حالی است که در ماه بهمن بیشترین میزان آلودگی در ایستگاه نخریسی مشاهده شده و کمترین مقدار آن مربوط به ایستگاه طرق در جنوب شرق است. جنوب شرق مشهد از میزان بارش بیشتری نسبت به بقیه شهر نیز برخوردار است و این می‌تواند در کاهش آلاینده‌ها در ایستگاه طرق مؤثر واقع شود. بررسی بارش گویای این مطلب است که ایستگاه نخریسی به‌رغم دریافت بارش بیشتر در این ماه، آلودگی زیادی هم داشته که شاید عوامل غیراقلیمی در این موضوع دخیل باشند. با بررسی گلباد ماه بهمن (شکل ۱۷) نیز مشخص می‌شود که باد از جهات مختلف در حال وزش است اما باد غالب شمال غربی و سپس جنوب غربی است. در ماه‌های دی و بهمن به دلیل وقوع وارونگی دما و بارش کمتر، کیفیت هوا در بیشتر ایستگاه‌ها ناسالم است و در مجموع دوره سرد سال آلوده‌تر از دوره گرم است. در ماه اسفند مجدداً از میزان آلودگی هوا



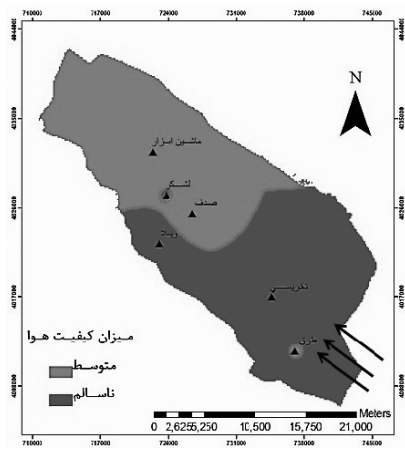
شکل ۳. میزان آلودگی هوا در اردیبهشت‌ماه



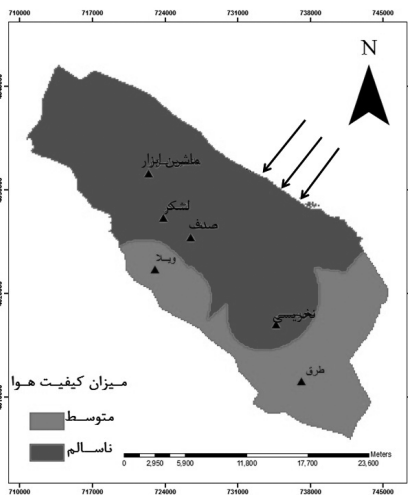
شکل ۲. میزان آلودگی هوا در فروردین‌ماه



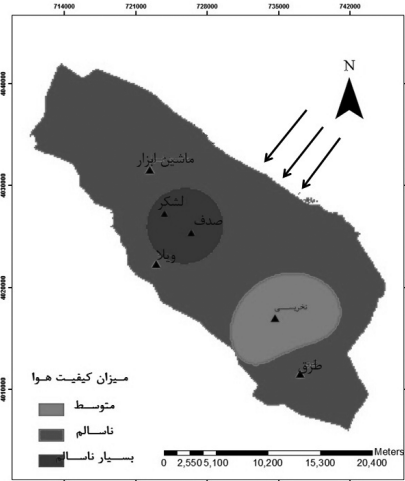
شکل ۵. میزان آلودگی هوا در تیرماه



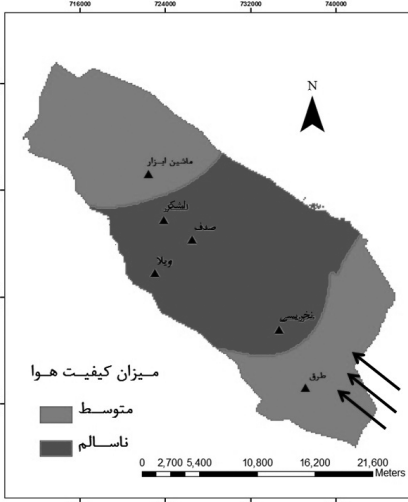
شکل ۴. میزان آلودگی هوا در خردادماه



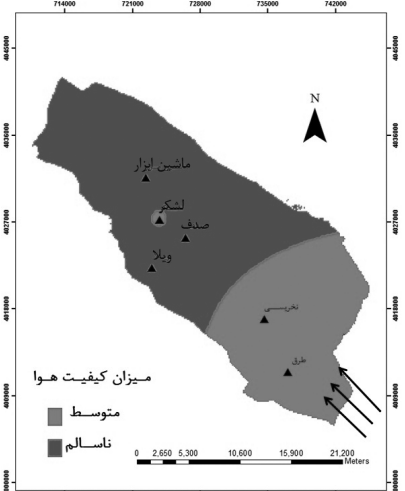
شکل ۷. میزان آلودگی هوا در شهریورماه



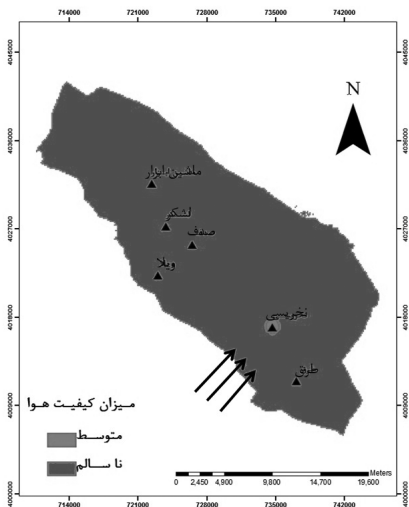
شکل ۶. میزان آلودگی هوا در مردادماه



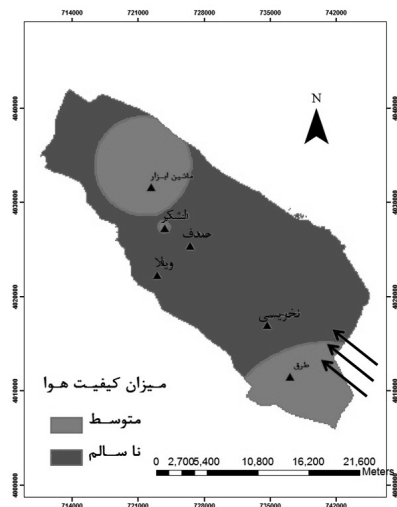
شکل ۹. میزان آلودگی هوا در آبانماه



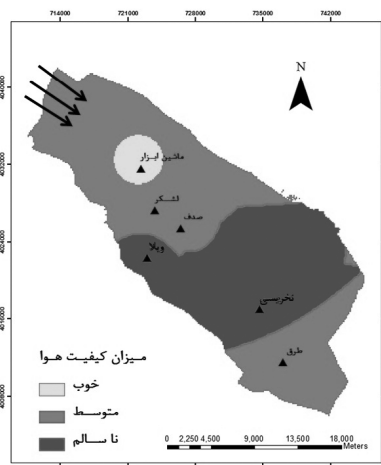
شکل ۸. میزان آلودگی هوا در مهرماه



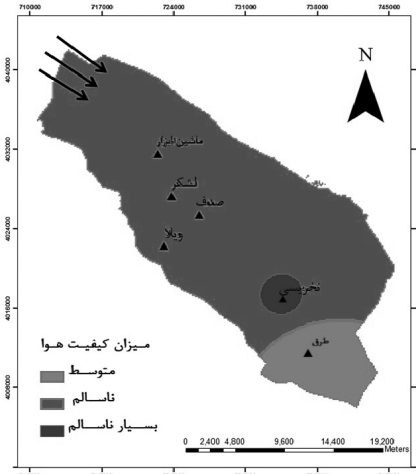
شکل ۱۱. میزان آلودگی هوا در دی ماه



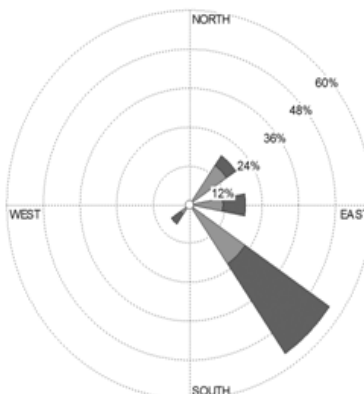
شکل ۱۰. میزان آلودگی هوا در آذرماه



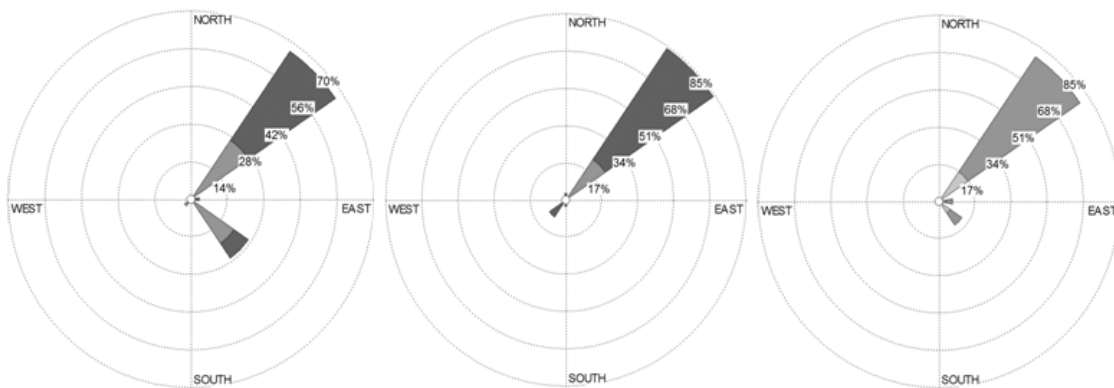
شکل ۱۳. میزان آلودگی هوا در اسفندماه



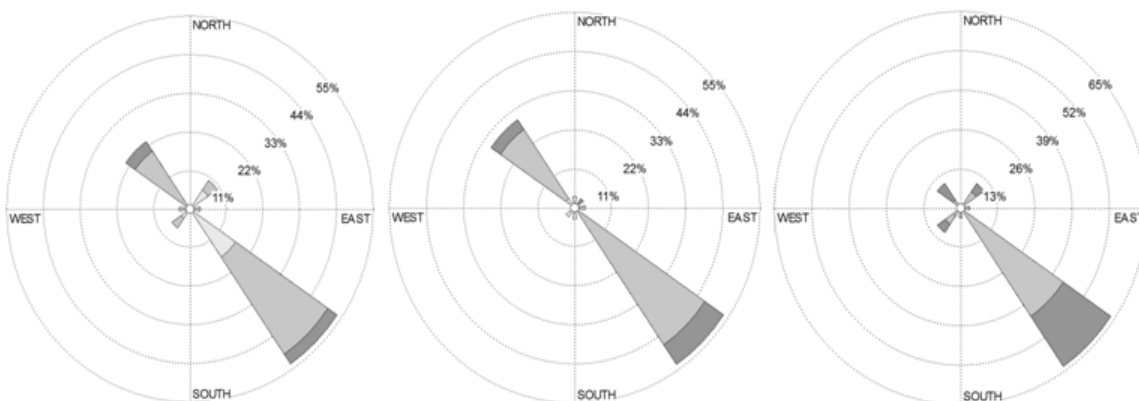
شکل ۱۲. میزان آلودگی هوا در بهمن ماه



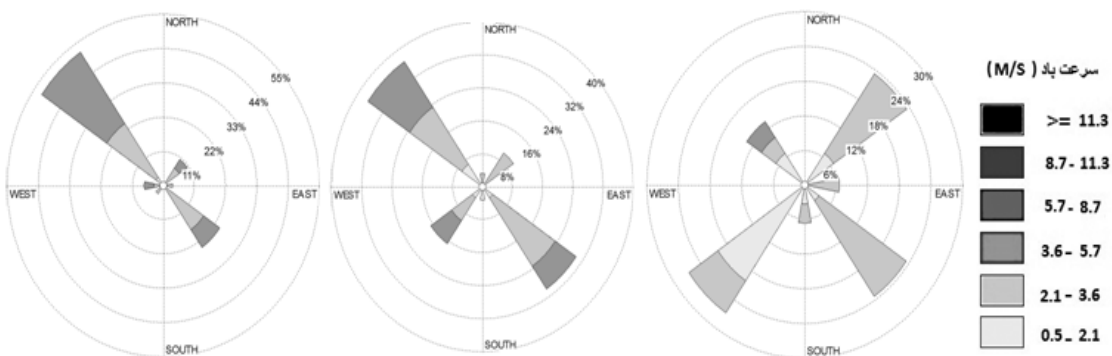
شکل ۱۴. گلبادهای منطقه در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد به ترتیب از راست به چپ



شکل ۱۵. گلبادهای منطقه در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور به ترتیب از راست به چپ



شکل ۱۶. گلبادهای منطقه در ماه‌های مهر، آبان و آذر به ترتیب از راست به چپ



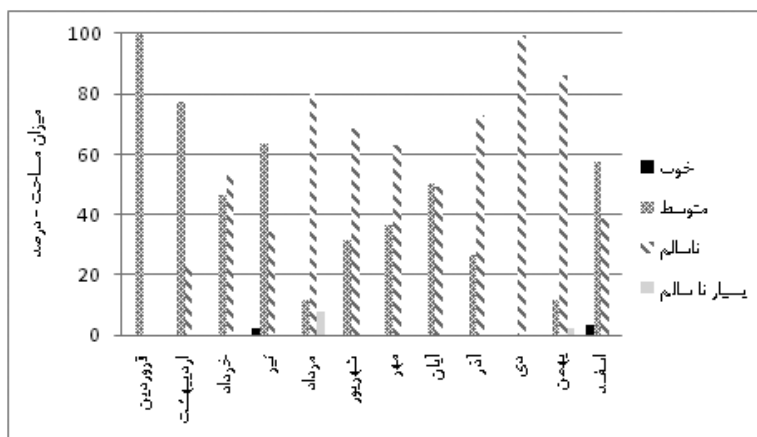
شکل ۱۷. گلبادهای منطقه در ماه‌های دی، بهمن و اسفند به ترتیب از راست به چپ

در ماه مرداد به میزان ۷/۷۵ درصد اتفاق افتاده است. این در حالی است که در این ماه، هیچ بارشی رخ نداده است. ماه بهمن نیز با ۲/۱۹ درصد در رده بعدی از نظر کیفیت هوایی بسیار ناسالم قرار دارد. علاوه بر این، ماه دی با بیشترین میزان آلودگی هوا با کیفیت هوایی ناسالم با میزان PSI

شکل ۱۸ مساحت نواحی آلوده را در ماه‌های سال بررسی شده، نشان می‌دهد. در این نمودار، ایستگاه‌های بررسی شده براساس کیفیت آلودگی به دسته‌های خوب، متوسط، ناسالم و بسیار ناسالم تفکیک شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین میزان آلودگی هوا با کیفیت بسیار ناسالم

هوایی ناسالم است. البته در ماه فروردین، کل منطقه از کیفیت هوای متوسط برخوردار است. این در حالی است که تنها در ماه‌های تیر و اسفند به ترتیب به میزان ۲/۲ و ۳/۶ درصد از منطقه، کیفیت هوای خوب مشهود است.

به میزان ۱۰۰ تا ۲۰۰ به چشم می‌خورد. در این ماه، تنها به میزان ۰/۳ درصد منطقه، هوای با کیفیت متوسط به چشم می‌خورد. ماه بهمن نیز با میزان ۸۶ درصد در رده بعدی از نظر کیفیت هوای ناسالم قرار دارد. ۲۲/۷ درصد از منطقه در ماه اردیبهشت، در پایین‌ترین حد از نظر کیفیت



شکل ۱۸. میزان مساحت نواحی آلوده در منطقه براساس شاخص PSI در ماه‌های مختلف

آلودگی یکسان و در محاسبات همبستگی وارد نشده است.

بررسی همبستگی بین عامل سرعت باد و PSI مشخص می‌کند که به ترتیب در ماه‌های آذر ($r = -0.788$ ، $p\text{-value} = 0.06$)، اسفند ($r = -0.787$ ، $p\text{-value} = 0.06$)، آبان ($r = -0.733$ ، $p\text{-value} = 0.09$)، خرداد ($r = -0.644$ ، $p\text{-value} = 0.1$)، تیر ($r = -0.543$ ، $p\text{-value} = 0.2$)، بهمن ($r = -0.444$ ، $p\text{-value} = 0.3$) و فروردین ($r = -0.427$ ، $p\text{-value} = 0.3$) تا حدی ارتباط معنادار بین آنها و در سطح اطمینان کمتر از ۹۵ درصد وجود دارد. می‌توان این موضوع را نیز چنین تفسیر کرد که افزایش سرعت باد در این ماه‌ها، کاهش آلودگی هوا را به دنبال خواهد داشت، درحالی‌که در ماه‌های دیگر میزان این تأثیر بسیار کمتر است و چه‌بسا بایستی نادیده گرفته شود. عامل سوم اقلیمی بررسی شده در این پژوهش، بارش است که با تحلیل این پارامتر نیز اثر غیرمستقیم و شایان ذکر عوامل اقلیمی بر کاهش آلودگی هوا روشن می‌شود. به طوری که به ترتیب در ماه‌های آذر ($r = -0.777$ ، $p\text{-value} = 0.08$)، آبان ($r = -0.759$ ، $p\text{-value} = 0.06$)،

به منظور بررسی و آنالیز بهتر ارتباط بین عوامل اقلیمی و شاخص PSI از ضرایب همبستگی در ماه‌های مختلف استفاده شده است (جدول ۳). با تحلیل عامل اقلیمی جهت باد در ماه‌های مختلف مشخص می‌شود که در ماه‌های فروردین و آذر، بیشترین ارتباط معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد با عامل آلودگی هوا یا PSI (به ترتیب $r = -0.902$ ، $p\text{-value} = 0.014$ و $r = -0.817$ ، $p\text{-value} = 0.04$) وجود دارد. این بدان معناست که در این دو ماه نسبت به ماه‌های دیگر، جهت باد تأثیر بیشتری در کاهش آلودگی هوا داشته است. البته شایان ذکر است که به ترتیب در ماه‌های آبان ($r = -0.780$ ، $p\text{-value} = 0.06$)، اسفند ($r = -0.758$ ، $p\text{-value} = 0.08$)، خرداد ($r = -0.647$ ، $p\text{-value} = 0.1$)، تیر ($r = -0.567$ ، $p\text{-value} = 0.2$)، اردیبهشت ($r = -0.473$ ، $p\text{-value} = 0.3$) و بهمن ($r = -0.472$ ، $p\text{-value} = 0.3$) نیز تا حدی ارتباط بین عامل جهت باد و PSI به چشم می‌خورد، درحالی‌که در ماه‌های دیگر می‌توان از ارتباط بین این پارامترها صرف نظر کرد. جهت باد در دی ماه نیز در تمام ایستگاه‌های سنجش

سرعت باد و بارش از آلودگی هوا خواهد کاست. در بین سه عامل اقلیمی بررسی شده در این پژوهش، عامل جهت باد تأثیر بیشتری در کاهش آلودگی هوا داشته است. علاوه بر این، در ماه آذر بیشترین همبستگی بین پارامترهای اقلیمی و شاخص PSI به دست آمده است. در حالی که در این ماه، ۷۳/۱ درصد از سطح منطقه در وضعیت ناسالم قرار دارد، می توان با تمرکز بر این همبستگی و ایجاد نیروگاه های بادی مصنوعی به کاهش آلودگی هوا کمک کرد.

اسفند (p-value=۰/۰۸، $r = - ۰/۷۵۰$)، خرداد (p-value=۰/۵۱۵، $r = - ۰/۶۰۶$)، تیر (p-value=۰/۳، $r = - ۰/۴۹۱$)، مهر (p-value=۰/۲، $r = - ۰/۴۲۶$) و فروردین (p-value=۰/۳، $r = - ۰/۴۲۶$) عامل بارش تأثیر بیشتری در کاهش آلودگی هوا نسبت به سایر ماهها داشته است. در ماههای دیگر اثر غیرمستقیم بارش در کاهش آلودگی هوا بایستی نادیده گرفته شود. بارش در مردادماه نیز در تمام ایستگاه های سنجش آلودگی، صفر میلی متر و یکسان است و در محاسبات همبستگی وارد نشده است. شاید بتوان چنین استنباط کرد که افزایش

جدول ۳. مقادیر همبستگی بین پارامترهای اقلیمی و PSI به طور ماهیانه

بارش		سرعت باد		جهت باد		عناصر آب و هوایی ماه
P-Value	همبستگی	P-Value	همبستگی	P-Value	همبستگی	
۰/۳	-۰/۴۲۶	۰/۳	-۰/۴۲۷	۰/۰۱۴	-۰/۹۰۲*	فروردین
۰/۶	-۰/۲۷۲	۰/۶	۰/۲۴۸	۰/۳	-۰/۴۷۳	اردیبهشت
۰/۲	-۰/۶۰۶	۰/۱	-۰/۶۴۴	۰/۱	-۰/۶۴۷	خرداد
۰/۲	-۰/۵۱۵	۰/۲	-۰/۵۴۳	۰/۲	-۰/۵۶۷	تیر
. ^a	. ^a	۰/۹	-۰/۰۲۲	۰/۹	۰/۰۱۴	مرداد
۰/۹	۰/۰۳۱	۰/۸	-۰/۱۲۹	۰/۸	-۰/۱۲۷	شهریور
۰/۳	-۰/۴۹۱	۰/۹	-۰/۰۳۴	۰/۹	-۰/۰۲۵	مهر
۰/۰۸	-۰/۷۵۹	۰/۰۹	-۰/۷۳۳	۰/۰۶	-۰/۷۸۰	آبان
۰/۰۶	-۰/۷۷۷	۰/۰۶	-۰/۷۸۸	۰/۰۴	-۰/۸۱۷*	آذر
۰/۶	-۰/۲۳۵	۰/۶	۰/۲۱۷	. ^a	. ^a	دی
۰/۵	۰/۲۸۷	۰/۳	-۰/۴۴۴	۰/۳	-۰/۴۷۲	بهمن
۰/۰۸	-۰/۷۵۰	۰/۰۶	-۰/۷۸۷	۰/۰۸	-۰/۷۵۸	اسفند

a: در ارتباط مورد نظر، حداقل یک پارامتر با مقادیر ثابت اعمال شده است.

*: در ارتباط مورد نظر، همبستگی با احتمال ۹۵ درصد معنادار و میزان α برابر ۰/۰۵ است.

عوامل متعددی بر میزان آلودگی هوا تأثیر گذارند که در این پژوهش، صرفاً به عوامل اقلیمی و میزان تأثیر آنها بر آلودگی هوا پرداخته شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که ماههای دی، بهمن، مرداد و آذر، به ترتیب با ۹۹/۷، ۸۶/۱۵، ۸۰/۲۱ و ۷۳/۱ درصد از مساحت منطقه، از بیشترین آلودگی با کیفیت هوایی ناسالم برخوردارند. البته شهر مشهد در تمام ماههای سال ۱۳۹۰ به جز فروردین با میزان آلودگی هوای فراتر از حد استاندارد مواجه است. در

۴. بحث و نتیجه گیری

نقش هوا به عنوان حیاتی ترین ماده برای ادامه حیات انسان، آثار جبران ناپذیر آلاینده ها بر سلامت انسان، محدود بودن توانایی بشر در کاهش و کنترل آلودگی هوا و تأثیر آلودگی هوا بر روی کره زمین و جو، بر اهمیت بررسی آلودگی هوا می افزاید، بنابراین باید برای رفع یا بهبود آن تصمیمی اساسی گرفته شود.

آلودگی هوا اقدام کرد.

بررسی مقالات و تحقیقات مشابه نظیر (Park et al., 2012; Doherty et al., 2013; Fang et al., 2013; Peel et al., 2012) نیز بر ارتباط تنگاتنگ بین عوامل اقلیمی و افزایش یا کاهش آلودگی هوا دلالت دارد، همچنان که بیان کرده‌اند افزایش میزان بارش و سرعت باد بر کاهش غلظت آلودگی هوا و در نتیجه سلامتی بیشتر انسان‌ها مؤثر است.

کاهش آلودگی هوا نیازمند یک حرکت همگانی است که مشارکت هماهنگ مردم و دست‌اندرکاران را به‌طور مستمر می‌طلبد. با تمرکز در ماه‌های آلوده و نیز ایستگاه‌های با آلودگی بیشتر می‌توان بر میزان پوشش گیاهی نیز افزود، این امر نه تنها هوا را تصفیه می‌کند، بلکه به شهر زیبایی خاصی می‌بخشد. پیشنهاد می‌شود که از بین پوشش‌های گیاهی، به بررسی فنولوژی درخت زیتون و نیاز رطوبتی و دمایی این گیاه و توان کاشت آن در شهر مشهد در مطالعات جداگانه‌ای پرداخته شود، چراکه به دلیل خاصیت جذب‌کنندگی آلاینده‌ها توسط برگ‌های آن، استفاده از درخت زیتون می‌تواند در کاهش آلودگی هوا مفید باشد. به‌علاوه می‌توان با اعمال طرح ترافیکی زوج و فرد کردن خودروها نه تنها از میزان ترافیک بلکه از میزان آلودگی هوا نیز کاست. امید که با اعتلا و ارتقای فرهنگ محیط زیستی جامعه، محدودیت استفاده از تردد اتومبیل‌های شخصی در خیابان‌ها و توسعه وسایل نقلیه عمومی، متمرکز نشدن کارهای اداری در مرکز شهر، افزایش سرانه فضای سبز، انتقال صنایع و کارخانجات و کارگاه‌های آلاینده هوا به خارج شهر و ایجاد کمربند سبز در اطراف شهرها، از میزان آلودگی این شهر کاسته شود. بنابراین، با پیشرفت تکنولوژی و برنامه‌ریزی‌های کلان کشور در زمینه محیط زیست شهری، می‌توان به پایداری توسعه‌های آتی و رفع آلودگی هوا در سطح کلان‌شهرها با افزایش فضای سبز شهری پرداخت.

بیشتر ماه‌ها، بیشترین آلودگی هوا در اطراف ایستگاه‌های صدف، لشگر و نخ‌ریسی در مرکز شهر با داشتن ترافیک بیشتر و وجود پایانه مسافربری در نزدیکی آنها به چشم می‌خورد. علاوه بر این، در ماه‌های مرداد و بهمن، کیفیت هوایی بسیار ناسالم به ترتیب به میزان ۷/۷۵ و ۲/۱۹ درصد اتفاق افتاده است. بیشترین آلودگی در این ماه‌ها به ترتیب در اطراف ایستگاه‌های لشگر، صدف و نخ‌ریسی اتفاق افتاده است به طوری که آنها از میزان بارش و سرعت باد کمتر و جهت باد موافق برخوردارند. در ماه‌های مرداد و بهمن به ترتیب ۸۷/۹۶ و ۸۸/۳۴ درصد از کل منطقه، از کیفیت هوایی ناسالم و بسیار ناسالم برخوردارند. تنها در ماه‌های تیر و اسفند به ترتیب به میزان ۲/۲ و ۳/۶ درصد از منطقه، کیفیت هوای خوب به چشم می‌خورد.

در مرحله بعد برای بررسی و آنالیز ارتباط بین عوامل اقلیمی و شاخص آلودگی هوا، میزان همبستگی بین آنها به دست آمد. عوامل اقلیمی بررسی شده، جهت باد، سرعت باد و بارش است که جهت باد بیشترین تأثیر غیرمستقیم را در کاهش آلودگی هوا ایفا می‌کند. به طوری که، نتایج نشان‌دهنده بیشترین همبستگی بین جهت باد و شاخص PSI در ماه‌های فروردین و آذر (به ترتیب $r = -0.902$ ، $p\text{-value} = 0.014$ و $r = -0.817$ ، $p\text{-value} = 0.04$) است. در تمامی ماه‌های سال ۱۳۹۰، ماه آذر با بیشترین همبستگی بین عوامل اقلیمی و شاخص PSI (جهت باد: $r = -0.817$ ، $p\text{-value} = 0.04$ ، سرعت باد: $r = -0.788$ ، $p\text{-value} = 0.06$)، بارش: $r = -0.777$ ، $p\text{-value} = 0.06$) روبه‌روست، البته در مورد عامل جهت باد، در ماه فروردین بیشترین همبستگی وجود دارد. با توجه به همبستگی بالای آلودگی هوا با جهت و سرعت باد، می‌توان با احداث نیروگاه‌های بادی در مناطق مناسب، از میزان آلودگی هوا کاست. علاوه بر این، با ایجاد باران‌های مصنوعی در مناطق آلوده، می‌توان به حمایت از محیط زیست و کاهش

REFERENCES

1. Akbari, E., Mohammadnia, M., and Keshavarz Mozafari, Z., 2012. Analyze of air pollution in Mashhad using GIS. Environmental Science Association Student Congress. University of Sabzevar (in Persian).
2. Akhavan, R., Karami Khorramabad, M. and Sosani J., 2011. Application of kriging and IDW at the susceptibility and the density of the forest canopy of oak coppice (case study Kakarzay District of Khorramabad). Journal of Forestry. Forest Society of Iran, third year. No. 4, 305 -316 (in Persian).
3. Arbabi Sabzevari, A. Moghly, M. and Arbabi Nia, A., 2009. Effect evaluation of precipitation as climatic element over the contamination and pollution of Tehran Metropolis using SCHEFF Model and GIS over the past two decades. Journal of Physical Geography, Second Year. No. VI, 15-30 (in Persian).
4. Ataai, H., and Hashemi Nasab, S., 2011. Identification and analysis of patterns of atmospheric of middle level effected on air pollution in the city of Isfahan. Research and Urban Planning Journal. Second year. No. IV, 97-102 (in Persian).
5. Bebran, S. and Ghamkhar, A., 2007. Losses of air pollution in Tehran. Human and environmental Journal. Issue 4, 15, 24-31 (in Persian).
6. Doherty, R. M., Wild, O., Shindell, D. T., Zeng, G., MacKenzie, I. A., Collins, W. J., Fiore, A. M., Stevenson, D. S., Dentener, F. J., Schultz, M. G., Hess, P., Derwent, R. G., and T. J. Keating, 2013. Impacts of climate change on surface ozone and intercontinental ozone pollution: A multi-model study. Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 118, 1-20, doi:10.1002/jgrd.50266.
7. EPA (Environmental Protection Agency), 1998. Guideline for reporting of daily Air Quality- Pollutant Standard Index (PSI), Office of Air Quality. Planning and Standards. Research Triangle Park, NC 27711.
8. Erfan Manesh, M., and Efyoni, M., 2000. Environment pollution (water, soil and air). Isfahan University Press (in Persian).
9. Fang, Y., Mauzerall, D. L., Liu, J., Fiore, A. M., Horowitz, L. W., 2013. Impacts of 21st century climate change on global air pollution-related premature mortality. Climatic Change. 121: 239-253, DOI 10.1007/s10584-013-0847-8.
10. Ghiyathoddin, M., 2006. Air pollution, sources, effects and control. Tehran University Press.
11. Hafeznia, M R. 2010. An introduction to the research method in humanities (total revision with additions). Seventeenth Edition. Tehran. Samt press. 1-409 (in Persian).
12. Jahanshiri, M., 2010. Synoptic and statistical Survey air pollution of Mashhad. Master's thesis of climatology. Department of Geography and Environmental Science. University of Sabzevar (in Persian).
13. Khorshiddost, A. M., and Ghavidel Rahimi, J., 2006. Effects of doubling of atmospheric carbon dioxide on climate change in Tabriz using Geophysical Fluid Dynamics Laboratory model. Journal of Ecology. No. 39, 1-10 (in Persian).
14. Mohammadi, H. M., 2002. The influence of climatic factors and air pollutants on asthma disease in Tehran during 1995-1999. Journal of Faculty of Humanistic Sciences. Tehran University. No. summer and fall. 153-172 (in Persian).
15. Mohammadi, H., 2006. Climatic factors and air pollutants in Tehran linked to deaths from heart disease. Geographical Research. No. 58, 47-66 (in Persian).
16. Park, D.H., Han, K.B., and Kang, I.J., 2012. The Visualization by Analyzing the Relationship between the Air Pollutants and Climatic Factors using GIS. Proceedings of International conference on disaster management, <http://iiirr.ucalgary.ca/>, Kumamoto, Japan, August 24 - 26, 558 - 564.
17. Peel, J. L., Haeuber, R., Garcia, V., Russel, A. G., Neas, L., 2012. Impact of nitrogen and climate change interactions on ambient air pollution and human health. Biogeochemistry. Open access at Springerlink.com, 1-14, DOI 10.1007/s10533-012-9782-4.
18. Pour Ahmad, A., 1998. The climate and geography at air pollution in Tehran. Geographical Studies. No. 34, 38-53 (in Persian).
19. Shahkar, G.h., and Bozorgnia, A. 2007. Experimental designs 1. Tehran; Payam Noor (in Persian).

-
20. Skani kazazi, G. H. and Lalesiah Pirani, M., 2010. Synoptic analysis of air pollution in Tehran. *Journal of Geography*. 135-161 (in Persian).
 21. Vahidiasl, M G.h., 2006. *Statistics and Probability in Geography 2*. Tehran; Payam Noor (in Persian).
 22. Webster, r, and Oliver M.A., 2000. *Geostatistics for Environmental scientists*. Wiley press. 271pp.
 23. Zare, F. and Ghorbani, M., 2011. Examine the welfare effects of different changes policy in air pollution in Iran (Case Study: Mashhad, Iran). *Special Issue of Urban Management*. 317-318 (in Persian).